

ДИНАМИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ КОМПАКТНЫХ ВНЕСОЛНЕЧНЫХ ПЛАНЕТНЫХ СИСТЕМ

А. С. Перминов, Э. Д. Кузнецов

Уральский федеральный университет

В рамках построенной авторами осредненной теории движения второго порядка исследуется орбитальная эволюция компактных внесолнечных планетных систем 61 Vir, GJ 3138 и HD 39194. По результатам интегрирования уравнений движения на длительных интервалах времени определяются устойчивость планетных орбит и их динамические характеристики. Поскольку массы и элементы орбит планет известны из наблюдений с некоторыми ошибками, даются различные варианты орбитальной эволюции в зависимости от конкретных значений этих варьируемых параметров.

DYNAMICAL EVOLUTION OF PACKED EXTRASOLAR PLANETARY SYSTEMS

A. S. Perminov, E. D. Kuznetsov

Ural Federal University

The orbital evolution of packed extrasolar planetary systems 61 Vir, GJ 3138 and HD 39194 is investigated in the frame of the second order averaged motion theory which is constructed by authors. The stability of planetary orbits and their dynamical properties are defined by the integration of motion equation on long-time scales. For the reason that masses and orbital elements are defined from observations with some errors, some variants of orbital evolution are given depending on specific values of these varying parameters.

Авторами аналитически построены уравнения движения планетной задачи второго порядка по массам планет в средних элементах. Оскулирующий гамильтониан записывается в координатах Якоби и разлагается в ряд по элементам второй системы Пуанкаре с точностью до второго порядка по малому параметру и до 4-й степени по эксцентрическим и облическим элементам Пуанкаре. Процедура осреднения гамильтониана выполняется методом Хори-Депри. На основе осредненного гамильтониана построены уравнения движения в средних элементах. Построенные уравнения движения применяются для исследования динамической эволюции планетных систем

с умеренными значениями эксцентриситетов, наклонов и отношений больших полуосей орбит.

В работе рассматривается орбитальная эволюция внесолнечных планетных систем 61 Vir, GJ 3138 и HD 39194. Большие полуоси орбит всех планет в системах меньше 1 а. е., эксцентриситеты не превышают 0.35, а периоды обращения лежат в интервале от 1 до 260 суток. Уравнения движения в средних элементах численно интегрируются методом Эверхарта на интервале времени 1 млн лет.

Изучены динамические свойства выбранных внесолнечных планетных систем. Устойчивость и резонансные характеристики систем определены по результатам интегрирования уравнений движения и анализа функций замены переменных, которые дают зависимость между средними и оскулирующими элементами.

Для выбранных планетных систем известны нижние границы значений масс планет, а значения известных элементов орбит (эксцентриситетов и аргументов перицентров) лежат в некотором диапазоне, поскольку определены из наблюдений с ошибками. Наклоны орбит и долготы восходящих узлов неизвестны и варьируются во всем допустимом диапазоне. Для всех систем приводятся различные варианты орбитальной эволюции в зависимости от конкретных значений варьируемых масс и элементов орбит.

Авторами предложен способ, позволяющий по результатам анализа моделирования орбитальной эволюции внесолнечных планетных систем определять диапазоны изменения неизвестных или известных с ошибками элементов орбит.

Предположение о стабильности наблюдаемых планетных систем позволяет исключить начальные условия, ведущие к экстремальному росту эксцентриситетов и наклонов орбит планет, и выявить начальные условия, при которых элементы орбит сохраняются малыми на всем интервале моделирования.

Для выборки из прочих внесолнечных планетных систем, обладающих умеренными значениями эксцентриситетов орбит, резонансные характеристики могут быть определены простым анализом уравнений движения без их интегрирования. Дано распределение наблюдаемых планетных систем по динамическим и резонансным свойствам.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант № 18-32-00283.